

Variable Fabry Perot type interferometer

Patent Number: DE3640340

Publication date: 1987-05-27

Inventor(s): HIJIKIGAWA MASAYA (JP); KATAGIRI MASAYUKI (JP); TSUCHIMOTO SHUHEI (JP); WATANABE MASANORI (JP); INAMI YASUHIKO (JP); UDA KAZUTAKA (JP)

Applicant(s): SHARP KK (JP)

Requested Patent: DE3640340

Application Number: DE19863640340 19861126

Priority Number (s): DE19863645238 19861126; JP19860102989 19860430; JP19860110290 19860513; JP19850266680 19851126; JP19850285959 19851218

IPC Classification: G01J3/26; G01B9/02

EC Classification: G01B9/02, G01D5/26D, G01J3/26

Equivalents:

Abstract

Variable interferometer arrangement, which contains a 'Fabry Perot' interferometer, consisting of a pair of reflecting substances (4), which lie opposite to each other across an intervening space. This intermediate space is formed by spacers (3). In addition means are provided to deform at least one of the reflecting surfaces (1,4;2,4), which form the Fabry Perot' interferometer, so that its interferometer characteristics are changed. The spacer (3) consists of a film, which is produced by means of vapour separation, spraying, chemical vapour separation, spin coating or screen printing.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Patentschrift
⑯ DE 36 40 340 C 2

⑯ Int. Cl. 5:
G 01 J 3/26
G 01 B 9/02

DE 36 40 340 C 2

⑯ Aktenzeichen: P 36 40 340.7-42
⑯ Anmeldetag: 26. 11. 86
⑯ Offenlegungstag: 27. 5. 87
⑯ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 20. 10. 94

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

26.11.85 JP P 60-266680 18.12.85 JP P 60-285959
30.04.86 JP P 61-102989 13.05.86 JP P 61-110290

⑯ Patentinhaber:

Sharp K.K., Osaka, JP

⑯ Vertreter:

von Bülow, T.,
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr. rer. pol., Pat.-Anw.,
81545 München

⑯ Teil in: P 36 45 238.6

⑯ Erfinder:

Katagiri, Masayuki, Nara, JP; Watanabe, Masanori,
Nara, JP; Uda, Kazutaka, Tenri, Nara, JP; Hijikigawa,
Masaya, Yamatokoriyama, Nara, JP; Tsuchimoto,
Shuhei, Nara, JP; Inami, Yasuhiro, Nara, JP

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 34 09 207
DE-OS 21 08 439
GB 15 42 627
GB 3 12 534
US 39 02 012
EP 00 90 456 A1

⑯ Variable Interferometeranordnung

DE 36 40 340 C 2

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine variable Interferometeranordnung nach dem Anspruch 1 und auf Verfahren zur Herstellung variabler Interferometeranordnungen.

Es gibt bereits Spektrometer, die mit Beugungsgittern ausgestattet sind. Das Beugungsgitter wird dabei mechanisch gedreht, so daß alle optischen Elemente des Spektrometers hochpräzise zueinander angeordnet sein müssen, was zu Schwierigkeiten bei seiner Vergrößerung führt.

Andererseits gibt es Fabry-Pérot'sche Interferometeranordnungen, die ein piezoelektrisches Element besitzen und damit als Spektrometer arbeiten können, das keine mechanisch betätigbarer Teile enthält. Die optische Anordnung aller Elemente dieser Fabry-Pérot'schen Interferometeranordnung kann sehr einfach durchgeführt werden. Allerdings sind die Herstellung dieser interferometrischen Anordnung und die Steuerung bzw. Einstellung ihrer interferometrischen Eigenschaften außerordentlich schwierig, was bei der praktischen Anwendung zu Schwierigkeiten führt.

Fig. 15 zeigt eine herkömmliche variable Fabry-Pérot'sche Interferometeranordnung, bei der ein Paar transparenter Platten 500 und 501 mittels eines Halters 502, der mit einem Loch 503 ausgestattet ist, durch welches Licht hindurchläuft, parallel zueinander gehalten werden. Die Oberfläche beider Platten 500 und 501, die einander gegenüberliegen, sind mit einem reflektierenden Film beschichtet. In dem äußeren Bereich der Platte 501 ist ein piezoelektrisches Element 504 angeordnet, das an seinen beiden Oberflächen mit Elektroden versehen ist, so daß es sich in Abhängigkeit von einer elektrischen Treiberspannung zusammenzieht bzw. ausdehnt und so die Platte 501 verschiebt, womit man den Abstand zwischen den Platten 500 und 501 (d. h. den Abstand zwischen reflektierenden Filmen) verändern kann. Diese Abstandsänderung zwischen den reflektierenden Filmen macht es möglich, die interferometrischen Charakteristiken der Anordnung zu verändern, so daß der Abstand zwischen den reflektierenden Filmen außerst genau festgelegt werden muß und auch streng gleichförmig gesteuert werden muß. Folglich muß der Halter 502 mit äußerster Präzision hergestellt werden, was die Herstellung des Fabry-Pérot'schen Interferometers sehr schwierig macht. Darüber hinaus müssen thermische Ausdehnungen des Halters 502, die durch Temperaturschwankungen der Atmosphäre hervorgerufen werden, berücksichtigt werden, da sich hierdurch ebenfalls der Abstand zwischen den reflektierenden Filmen verändert. Die Steuerung bzw. Einstellung des Abstandes zwischen den reflektierenden Filmen mittels eines piezoelektrischen Elements ist also äußerst schwierig.

Wie oben erwähnt, hängt der Abstand zwischen den reflektierenden Filmen bei der herkömmlichen Fabry-Pérot'schen Interferometeranordnung von der mechanischen Genauigkeit des Halters 502 ab, was zu vielen Problemen führt.

Aus der US-PS 3,902,012 ist eine Vorrichtung bekannt, die dazu dient, die in einem Elektronenstrahl enthaltene Information, ähnlich wie bei Kathodenstrahlröhren zur Anzeige zu bringen. Diese Vorrichtung enthält eine Anordnung, die auf der Fabry-Pérot'schen Interferometertechnik basiert. Die Anordnung besteht aus einem dielektrischen Material, auf das die Elektroden auftreffen. Auf dieses dielektrische Material ist ein deformierbares Material, das sich sandwich-artig zwi-

schen zwei Spiegeln befindet, aufgebracht. Das deformierbare Material sorgt für den gewünschten Abstand zwischen den Spiegeln und füllt den gesamten, von den zwei Spiegeln begrenzten Zwischenraum aus.

5 Ladungen, die auf die dielektrische Schicht auftreffen, bewirken zusammen mit dem äußeren Spiegel eine Verformung der der dielektrischen Schicht gegenüberliegenden Oberfläche des deformierbaren Materials und des äußeren Spiegels, wobei der Spiegel auf das deformierbare Material aufgebracht ist. Eine Deformierung bzw. Verformung erfolgt genau an den Stellen des Spiegels, die den aufgebrachten Ladungen gegenüberliegen. Wenn nun Licht auf diese Fabry-Pérot'sche Interferometeranordnung gerichtet wird, erfolgt eine Spaltung des Lichtstrahls in Komponenten, die von der aufgebrachten Ladung und der durch diese hervorgerufenen Verformung des Spiegels bestimmt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine variable Interferometeranordnung zu schaffen, die äußerst genau arbeitet und einfach herzustellen ist. Diese Erfindung wird durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

25 Die variable Interferometeranordnung nach der Erfindung, die die oben beschriebenen sowie weitere Nachteile des Standes der Technik vermeidet, enthält ein Fabry-Pérot'sches Interferometer, das aus zwei reflektierenden Substanzen besteht, die einander mit einem Zwischenraum zwischen sich gegenüberliegen, wobei dieser Zwischenraum durch Abstandhalter gebildet wird. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Abstandhalter mittels Dampfabscheiden, Aufsprühen, chemischem Dampfabscheiden, Schleuderbeschichten oder Siebdrucken als Film hergestellt.

30 Die variable Interferometeranordnung enthält weiterhin Einrichtungen, die zumindest eine der reflektierenden Substanzen, die den Fabry-Pérot'schen Interferometer bilden, verformen, womit sich die interferometrischen Charakteristiken des Fabry-Pérot'schen Interferometers verändern.

35 In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist eine der reflektierenden Substanzen durch ein Substrat ersetzt, auf dem ein Photodetektor ausgebildet ist, was zu einem integrierten Aufbau in einem einzigen Körper führt, der ein Fabry-Pérot'sches Interferometer und den Photodetektor enthält.

40 Die beiden reflektierenden Substanzen sind in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel so miteinander verbunden, daß die Abstandhalter und klebende Schichten aus Glas mit niedrigem Schmelzpunkt zwischen den reflektierenden Substanzen sandwichartig "eingepackt" sind, womit man ein Fabry-Pérot'sches Interferometer erhält. Die Einrichtungen zum Verformen mindestens einer der reflektierenden Substanzen bewirken in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel eine elektrostatische Kraft zwischen den beiden reflektierenden Substanzen, womit zumindest eine der reflektierenden Substanzen verformt wird. Die reflektierende Substanz besteht aus einem Substrat und einer dünnen Elektrode, die auf dem Substrat aufgebracht ist, wobei mindestens eine der reflektierenden Substanzen durch eine elektrostatische Kraft verformt wird, wobei diese Kraft durch Anlegen einer Spannung an die dünnen Metallfilme (Elektroden) erzeugt wird, was zu einer Volumenveränderung des Zwischenraumes führt, womit man eine Einstellung der interferometrischen Charakteristiken des Fabry-Pérot'schen Interferometers erreicht.

Alternativ hierzu können die Einrichtungen zum Verformen mindestens einer der reflektierenden Substanzen ein Magnetfeld in der Nähe der beiden reflektierenden Substanzen erzeugen, womit mindestens eine der reflektierenden Substanzen verformt wird. Die Einrichtungen zur Erzeugung des Magnetfeldes enthalten eine Magnetspule zur Erzeugung einer elektromagnetischen Kraft und einen Steuerschaltkreis zur Steuerung des Stromes, der durch die Spule fließt oder zur Steuerung einer Spannung, die an die Spule angelegt wird, wodurch mindestens eine der reflektierenden Substanzen durch die bei Anlegung des Stromes oder der Spannung an die Spule erzeugten elektromagnetischen Kräfte verformt wird, was eine Volumenveränderung in dem Zwischenraum bewirkt, wodurch die interferometrischen Charakteristiken des Fabry-Pérot'schen Interferometers gesteuert wird.

Die variable Interferometeranordnung nach der Erfindung, die die oben beschriebenen und weitere vielfältige Nachteile des Standes der Technik vermeidet, enthält ein Fabry-Pérot'sches Interferometer, das so hergestellt wird, daß eine erste reflektierende Substanz mit einem Hohlraum in seiner einen Oberfläche mit einer zweiten reflektierenden Substanz verbunden wird, womit man einen Zwischenraum zwischen den beiden reflektierenden Substanzen erhält.

Das Verfahren zur Herstellung der variablen Interferometeranordnung nach der Erfindung, das die obigen sowie zahlreiche weitere Nachteile des Standes der Technik vermeidet, besteht in folgenden Schritten:

Herstellung von Abstandhaltern und Glasfilmen mit niedrigem Schmelzpunkt auf mindestens einer von zwei reflektierenden Substanzen, die ein Fabry-Pérot'sches Interferometer bilden;

Pressen und Erwärmen der beiden reflektierenden Substanzen zur Verbindung der reflektierenden Substanzen miteinander und zwar mit einem Zwischenraum zwischen sich, der durch die Abstandhalter gebildet ist und Anordnung von Einrichtungen, die die interferometrischen Charakteristiken des Interferometers ändern.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel enthält der Glasfilm mit niedrigem Schmelzpunkt zumindest SiO_2 und PbO und hat einen Erweichungspunkt in der Größenordnung von 350°C bis 480°C , wobei der Glasfilm durch eine Aufsprühmethode oder ein Elektronenstrahlabdampfscheiden aufgebracht wird.

Das Verfahren zur Herstellung der variablen Interferometeranordnung, die die oben beschriebenen sowie weitere zahlreiche Nachteile des Standes der Technik vermeidet, wird wie folgt hergestellt:

Ausbilden eines Elektrodenfilms auf einer Oberfläche einer ersten reflektierenden Substanz und eines Leiter- oder Halbleiter-Filmes auf der Oberfläche einer zweiten reflektierenden Substanz,

Erwärmen der beiden reflektierenden Substanzen auf eine Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes der reflektierenden Substanzen derart, daß der Leiter- oder Halbleiter-Film auf der zweiten reflektierenden Substanz in Kontakt mit der ersten reflektierenden Substanz steht,

Anlegen einer Gleichspannung an den Elektrodenfilm auf der ersten reflektierenden Substanz und an den Leiter- oder Halbleiter-Film auf der zweiten reflektierenden Substanz, wodurch die beiden reflektierenden Substanzen mit einem Zwischenraum zwischen sich, miteinander verbunden werden, was zu einem Fabry-Pérot'schen Interferometer führt, und

Anordnen von Einrichtungen, die die interferometri-

schen Charakteristiken des Interferometers ändern.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wirken die Halbleiter-Filme nicht nur als Elektrode sondern auch als Abstandhalter mittels derer die beiden reflektierenden Substanzen mit einem Zwischenraum zwischen sich verbunden werden, der durch die Leiter- oder die Halbleiterfilme gebildet wird.

Die vorliegende Erfindung erreicht also folgende Ziele:

- 10 1. Es wird eine variable Interferometeranordnung mit einem Fabry-Pérot'schen Interferometer geschaffen, deren optische Weglänge sich durch einen einfachen Mechanismus einstellen läßt, womit man dessen interferometrische Charakteristiken ändern kann;
2. es wird eine hochpräzise Interferometeranordnung geschaffen, die leicht herstellbar ist und mit überlegener Produktionseffizienz;
3. es wird eine hochpräzise Interferometeranordnung geschaffen, deren interferometrische Charakteristiken sich sehr einfach mit hoher Genauigkeit einstellen bzw. steuern lassen;
4. es wird ein miniaturisiertes Spektrometer geschaffen, das keine mechanisch betätigbarer Teile enthält.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung ausführlicher erläutert. Es zeigt

30 Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Fabry-Pérot'schen Interferometers, das die Hauptkomponente der variablen Interferometeranordnung ist;

Fig. 2 und 3 schematische Ansichten zur Erläuterung 35 der Herstellsschritte des Interferometers der Fig. 1;

Fig. 4 eine Seitenansicht einer Halterung, die bei den Herstellsschritten der Fig. 2 und 3 verwendet wird;

Fig. 5(a) und 5(b) schematische Ansichten zur Erläuterung 40 der Herstellsschritte eines weiteren Interferometers, das bei der variablen Interferometeranordnung verwendet wird;

Fig. 6 eine Seitenansicht eines weiteren Interferometers, das bei der variablen Interferometeranordnung verwendet wird;

Fig. 7(a) eine Seitenansicht einer variablen Interferometeranordnung;

Fig. 7(b) eine schematische Darstellung zur Erläuterung 50 des Zustands, bei dem der Abstand zwischen den reflektierenden Filmen der Interferometeranordnung der Fig. 7(a) verkürzt wird;

Fig. 8 ein Diagramm der Interferometer-Charakteristiken der Interferometeranordnung der Fig. 7(a);

Fig. 9(a) eine perspektivische Ansicht eines Teiles der Interferometeranordnung der Fig. 7(b);

Fig. 9(b) und 9(c) perspektivische Ansichten eines Teiles einer weiteren variablen Interferometeranordnung;

Fig. 10 eine geschnittene Seitenansicht einer weiteren variablen Interferometeranordnung;

Fig. 11 eine perspektivische Ansicht einer weiteren variablen Interferometeranordnung;

Fig. 12 eine charakteristische Kurve der interferometrischen Charakteristiken der Anordnung der Fig. 11;

Fig. 13 eine geschnittene Seitenansicht einer weiteren variablen Interferometeranordnung;

Fig. 14 eine geschnittene Seitenansicht einer weiteren variablen Interferometeranordnung;

Fig. 15 eine Seitenansicht einer herkömmlichen Fa-

bry-Pérot-Interferometeranordnung, die mit einem piezoelektrischen Element ausgestattet ist.

Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele

Beispiel 1

Fig. 1 zeigt ein Fabry-Pérot'sches Interferometer, das die Hauptkomponente der variablen Interferometeranordnung nach der Erfindung ist. Dort liegen sich zwei transparente Substrate 1 und 2 einander gegenüber, wobei zwischen ihnen ein durch Abstandhalter 3 gebildeter Zwischenraum vorhanden ist. Auf den Oberflächen der Substrate 1 und 2 ist je ein reflektierender Film 4 aufgebracht. Der Zwischenraum zwischen den reflektierenden Filmen 4 bildet ein Fabry-Pérot'sches Interferometer. Der Zwischenraum zwischen den reflektierenden Filmen 4 ist mit einem Medium, wie z. B. Gas, einer Flüssigkeit oder einem Festkörper gefüllt, wobei sich dieses Medium frei verformen läßt. In dem vorliegenden Beispiel sowie den weiteren Beispielen wird Luft als Medium verwendet. Die Merkmale dieses Aufbaus des Fabry-Pérot'schen Interferometers sind wie folgt:

Erstens ist eine hohle Struktur vorgesehen, die große Änderungen des Zwischenraumes zwischen den reflektierenden Filmen zuläßt, was bedeutet, daß die Erfassung physikalischer Größen in einem vergrößerten Dynamikbereich möglich ist. Zweitens hängt der Zwischenraum zwischen den reflektierenden Filmen 4 von der Dicke der Abstandhalter 3 ab. Dies bedeutet, daß das Interferometer mit sehr hoher Präzision eingestellt werden kann, wenn die Dicke der Abstandhalter 3 auch präzise eingestellt ist. Drittens ist das Fabry-Pérot'sche Interferometer als monolithische Konstruktion aufgebaut, was eine Verbesserung der Stabilität und Zuverlässigkeit des Interferometers ermöglicht, selbst unter ungünstigen Bedingungen wie Vibration, Impulse etc., was auch dessen einfache Handhabung ermöglicht und auch viele Anwendungsbereiche erschließt. Viertens kann das Fabry-Pérot'sche Interferometer ohne einen Halter aufgebaut sein, was seine Miniaturisierung ermöglicht.

Der Abstandhalter 3 besteht beispielsweise aus einer faserigen Substanz, wie z. B. Glasfaser, einer räumlichen Substanz wie z. B. Glaskugeln oder einer filmartigen Substanz. Insbesondere wird ein dünner Film bevorzugt, der in einer Dünnpfilmtechnik hergestellt ist, wie z. B. einer Dampfabscheidetechnik, einer Aufsprühmethode, einer chemischen Dampfabscheidung etc. Auch ist eine Dickfilmtechnik möglich, wie z. B. eine Schleuderbeschichtungstechnik oder eine Siebdrucktechnik. All diese Verfahren werden bevorzugt angewendet, da sie hinsichtlich Produktionseffizienz und einstellbarer Dicke sonstigen Verfahren deutlich überlegen sind. Das lichtdurchlässige Substrat, das eine Platte mit überragend glatter Oberfläche sein muß, besteht aus Glas, transparenter Keramik, Harz etc. Insbesondere wird ein Glassubstrat bevorzugt, da es in hervorragender Weise transparent ist und eine glatte Oberfläche hat. Das Fabry-Pérot'sche Interferometer, das mit einer derartigen Struktur aufgebaut ist, hat den Vorteil, daß es besonders günstig hergestellt werden kann und auch stark miniaturisiert werden kann.

Das grundlegende Arbeitsprinzip der variablen Interferometeranordnung ist wie folgt: es sei angenommen, daß Licht vertikal auf die Oberfläche des Substrates gerichtet wird und daß keine optischen Phasensprünge an den reflektierenden Filmen auftreten. Wenn der Ab-

stand zwischen den reflektierenden Filmen gleich t ist und der Brechungsindex des Mediums zwischen den reflektierenden Filmen gleich n ist, so wird die Fabry-Pérot'sche Transmittanz $T(\lambda)$ dann ein Maximum, wenn der Wert der Wellenlänge λ_m den durch die nachfolgende Formel (1) bestimmten Wert hat:

$$\lambda_m = 2nt/m \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

10 Wenn die Innenseite des Interferometers nach der Erfindung hohl ist (das Medium in dem Zwischenraum zwischen den reflektierenden Filmen ist Luft), ist der Brechungsindex ungefähr 1, so daß die Wellenlänge des durch das Interferometer laufenden Lichtes von dem Abstand t zwischen den reflektierenden Filmen abhängt. Dies bedeutet, daß die interferometrischen Eigenschaften dieses Interferometers verändert werden können, wenn Einrichtungen vorgesehen sind, die zumindest eines der lichtdurchlässigen Substrate des Fabry-Pérot'schen Interferometers der Fig. 1 verformen, an dem Interferometer angebracht sind, was zu einer einstellbaren bzw. variablen Interferometeranordnung führt. Durch Steuerung bzw. Einstellung des Abstandes t zwischen den reflektierenden Filmen kann diese variable Interferometeranordnung als Spektrometer verwendet werden mit dem eine ausgewählte Länge des übertragenen Lichtes beobachtet werden kann.

20 Darüber hinaus kann diese variable Interferometeranordnung als optischer Sensor verwendet werden, bei dem der Abstand t zwischen den reflektierenden Filmen durch externe physikalische Größen verändert wird, womit die physikalischen Größen bestimmt werden können.

35

Beispiel 2

Unter Bezugnahme auf die Fig. 2 und 3 werden Herstellschritte des Fabry-Pérot'schen Interferometers des Beispiels 1 erläutert. Ein reflektierender Film 4 aus einem Metallfilm oder einem dielektrischen Film mit einer oder mehreren Schichten wird auf der Oberfläche eines Glassubstrates 2 ausgebildet, wobei letzteres in exzellerter Weise eben ist und eine exzellente Oberflächen glätte besitzt. Auf dem reflektierenden Film 4 wird ein Al-Film durch Dampfabscheiden ausgebildet. Anstatt des Dampfabscheidens kann man auch ein Aufsprühen oder ein chemisches Dampfabscheiden verwenden. Der Al-Film wird dann mittels eines Photolithographie-Verfahrens einer Musterbehandlung unterworfen und einer Ätzbehandlung mittels einer Ätztechnik, was zu im Muster angeordneten Abstandhaltern 3 führt. Sodann wird auf jedem Abstandhalter 3 ein Glasfilm 5 mit einem niedrigen Schmelzpunkt (dessen Erweichungstemperatur zwischen 350°C und 480°C liegt) durch eine Aufsprühmethode gebildet. Statt dessen kann auch ein Dampfabscheiden oder ein chemisches Dampfabscheiden verwendet werden. Der Glasfilm enthält SiO₂ und PbO. Es ist nicht wünschenswert, daß der Glasfilm 5 auf Teilen des reflektierenden Filmes, durch welchen das Licht übertragen wird und in welchem optische Interferenzen auftreten, ausgebildet wird, da dies die optischen Eigenschaften des fertigen Interferometers ungünstig beeinflussen würde. Um diese Schwierigkeiten zu vermeiden, wird eine Metallmaske verwendet und der Glasfilm wird während des Aufsprühprozesses davor geschützt, daß an anderen Stellen als den Abstandhaltern 3 Glas abgeschieden wird. Die Dicke des Glasfilms 5 liegt vorzugsweise bei 0,1 µm oder mehr.

Darauf wird auf dem anderen Glassubstrat 1 in der gleichen Weise wie oben beschrieben ein reflektierender Film 4 aufgebracht. Die Glassubstrate 1 und 2 werden bei den nachfolgend beschriebenen Arbeitsschritten so gehalten, daß die reflektierenden Filme 4, die auf den Glassubstraten 1 und 2 ausgebildet werden, einander gegenüberliegen; sodann werden sie erwärmt und bei ca. 500°C für acht Minuten gepreßt. Der Glasfilm 5 mit dem niedrigen Schmelzpunkt wird dann geschmolzen und dient als Kleber für das Verbinden des einen Glassubstrates mit dem anderen. Die Glassubstrate 1 und 2 werden durch folgende Mittel in einer vorgegebenen Position gehalten: bevorzugt wird, daß die Glassubstrate 1 und 2, die miteinander verbunden werden sollen, einen Bereich haben, der groß genug ist, eine Vielzahl von Einheiten gemäß Fig. 3 aufzunehmen, so daß ein gleichförmiger Druck in einfacher Weise auf die Glassubstrate aufgebracht werden kann und daß mehrere Einheiten gleichzeitig hergestellt werden können, was die Produzierbarkeit des Interferometers verbessert.

Fig. 4 zeigt eine Halterung für das Halten der Glassubstrate 1 und 2 in einer vorgegebenen Lage, wobei die Glassubstrate 1 und 2 sandwichartig zwischen Aluminiumblöcken 6 liegen, welche an den Stellen, die den Abstandhaltern 3 entsprechen, Vorsprünge aufweisen, so daß nur die Abschnitte der Glassubstrate, die den Abstandhaltern 3 entsprechen, einem Druck ausgesetzt werden. Die Aluminiumblöcke 6 sind mittels einer Edelstahlschraube 8 an einem Edelstahlhaltekörper 7 befestigt. Der thermische Ausdehnungskoeffizient des Edelstahlhaltekörpers 7 und der Edelstahlschraube 8 liegt bei ca. $18 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$; der thermische Ausdehnungskoeffizient der Aluminiumblöcke 6 liegt bei ca. $28 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Wenn die Glassubstrate 1 und 2 auf ca. 500°C erhitzt werden, wenn sie von den Aluminiumblöcken 6 gehalten werden, so wird aufgrund der Unterschiede der thermischen Ausdehnungskoeffizienten ein zweckmäßiger Druck auf die Glassubstrate 1 und 2 ausgeübt. Wenn die reflektierenden Filme 4 aus einem Metallfilm bestehen, so wird das Erwärmen in einer Schutzgasatmosphäre durchgeführt, beispielsweise mit N₂-Gas etc., falls es erforderlich ist, um so eine Oxidation der reflektierenden Filme 4 zu verhindern. Obwohl in diesem Ausführungsbeispiel die Abstandhalter 3 aus Al sind, können natürlich auch dünne Filme aus anderen Metallen, aus Halbleiterstoffen oder dielektrischen Substanzen verwendet werden. Weiterhin sind in dem beschriebenen Ausführungsbeispiel die Abstandhalter 3 nur auf einem der Substrate ausgebildet; es ist jedoch auch möglich, die Abstandhalter auf beiden Substraten aufzubringen und die Abstandhalter, die hier jeweils einander gegenüberliegen, miteinander zu verbinden, um so die beiden Substrate miteinander zu kombinieren.

Nach dem oben beschriebenen Herstellprozeß erhält man ein Fabry-Pérot'sches Interferometer in einer monolithischen Konstruktion in einer Dünnschichttechnik, womit man eine leichte Steuerbarkeit des Abstandes zwischen reflektierenden Filmen erhält und womit eine Chargenfertigung möglich ist, mit dem man eine Massenproduktion von Einheiten realisieren kann.

Beispiel 3

Ein anderes Herstellverfahren des Fabry-Pérot'schen Interferometers, das für die variable Interferometeranordnung verwendet wird, wird nachfolgend im Zusammenhang mit den Fig. 5(a) und 5(b) beschrieben.

Wie in Fig. 5(a) gezeigt, wird ein reflektierender Film

4 auf einer Oberfläche eines lichtdurchlässigen Substrates 1, wie z. B. einem Glassubstrat aufgebracht, wobei Metallfilme 9, die als Elektroden wirken, auf der anderen Oberfläche des Glassubstrates 1 aufgebracht werden. Auf dem lichtdurchlässigen Substrat 2 werden Abstandhalter 3 aus einer leitfähigen oder halbleitfähigen Substanz wie z. B. Si, Al, Fe, etc., die leicht oxidierbar ist, aufgebracht sowie ein reflektierender Film 4 und zwar durch eine Dünnschichttechnik wie z. B. Dampfabscheiden, Aufsprühen, chemisches Dampfabscheiden etc.

Wie in Fig. 5(b) dargestellt, wird das Substrat 1 auf die Abstandhalter 3, die auf dem Substrat 2 ausgebildet sind, plaziert. Die Abstandhalter 3 und die Elektroden 9 werden mittels Metalldrähten 90 derart mit einer Gleichspannungsquelle verbunden, daß die Abstandhalter 3 mit der Anode und die Elektroden 9 mit der Kathode verbunden werden. Sodann werden beide auf eine Temperatur aufgeheizt, die das Glas erwärmt (üblicherweise 800°C oder weniger), während eine Gleichspannung (üblicherweise im Bereich zwischen 200 und 2000 V/1 mm der Dicke des Glases) angelegt wird. Hierdurch erhält man eine Verbindung der Abstandhalter 3 aus dem Leiter- oder Halbleitermaterial mit dem Glassubstrat 1. In diesem Ausführungsbeispiel dienen die Abstandhalter 3 nicht nur als Kleber für die Verbindung der Substrate 1 und 2 sondern auch als Abstandhalter für die Einstellung des Abstandes zwischen den Substraten 1 und 2. Die Leiter- oder Halbleitersubstanz wird dazu benötigt, das Substrat 1 mit dem Substrat 2 zu verbinden, wobei diese Substanz unabhängig von einer Abstandhaltersubstanz sein kann. Beispielsweise wird eine Abstandhaltersubstanz (d. h. ein dünner Film) auf dem Substrat 2 ausgebildet, worauf dann ein Leiter- oder Halbleiterfilm auf den Abstandhalterfilm aufgebracht wird und anschließend eine Spannung an den Leiter- oder Halbleiterfilm und die auf dem Substrat 1 ausgebildete Elektrode in gleicher Weise angelegt wird, wie oben beschrieben, womit man eine Verbindung des Substrates 1 mit dem Substrat 2 mittels des Leiter- oder Halbleiterfilmes erhält. Der Abstand zwischen den reflektierenden Filmen 4 hängt von der Gesamtdicke des Abstandhalterfilmes und des Leiter- oder Halbleiterfilmes ab. Der Abstandhalterfilm ist selbstverständlich in geeignetem Maße dicker als der Leiter- oder Halbleiterfilm. Natürlich können auch eine Klebersubstanz und eine Abstandhaltersubstanz voneinander unabhängig verwendet werden anstelle der oben beschriebenen Abstandhalter 3.

Beispiel 4

Fig. 6 zeigt ein anderes Fabry-Pérot'sches Interferometer, das wie folgt hergestellt wird: auf einem Teil der Oberfläche eines Si-Substrates 10 wird ein transparenter SiO₂-Film 11 ausgebildet und zwar durch eine Hitze-Oxidations-Technik, ein Vakuumdampfabscheiden, ein Aufsprühen oder ein chemisches Dampfabscheiden. Auf der anderen Oberfläche des Si-Substrates 10 wird eine Photomaske plaziert, die so gemustert ist, daß sie verhindert, daß das Si-Substrat 10 bei dem nachfolgenden Ätzprozeß übermäßig geätzt wird. Darauf wird das Si-Substrat 10 einer Ätzbehandlung mittels einer chemischen Ätztechnik unterworfen (z. B. eine Kristallisotropie oder Anisotropieätztechnik), so daß ein Teil des SiO₂-Filmes 11 bloßgelegt ist, womit man eine dünne Diaphragmastruktur erhält. Darauf wird die Photomaske von dem Si-Substrat 10 entfernt und auf dem bloßliegenden SiO₂-Film 11 wird ein reflektierender Film 4

ausgebildet. Andererseits werden auf den beiden Oberflächen des lichtdurchlässigen Substrates 1 ein reflektierender Film 4 bzw. ein Metallfilm 9, der als Elektrode dient, aufgebracht. Danach werden das Si-Substrat 10 und das lichtdurchlässige Substrat 1 in gleicher Weise miteinander verbunden, wie im Beispiel 3 beschrieben. Sodann wird das Si-Substrat 10 mit der Anode und der Metallfilm 9 auf dem lichtdurchlässigen Substrat 1 mit der Kathode einer Gleichspannungsquelle verbunden, worauf eine Gleichspannung an die Substrate 10 und den Metallfilm 9 bei einer vorgegebenen Temperatur angelegt wird. Zur Halterung der Substrate wird vorzugsweise ein Halter gemäß Fig. 4 verwendet. Das Interferometer nach diesem Beispiel wird also unter Anwendung einer Dünnpfilmtechnik hergestellt, so daß der Abstand zwischen den reflektierenden Filmen 4 in Abhängigkeit von der Dicke des Dünnpfmes, der als Abstandhalter verwendet wird, eingestellt werden kann. Da der Abstandhalter bei dem Verbindungsschritt der Substrate 10 und 1 nicht deformiert wird, kann der Abstand zwischen den reflektierenden Filmen mit hoher Präzision sehr leicht überwacht bzw. eingehalten werden. Auch dieses Interferometer kann chargenweise hergestellt werden.

Beispiel 5

Im folgenden wird eine variable Interferometeranordnung, bei der die interferometrischen Eigenschaften des Fabry-Pérot'schen Interferometers durch Änderung des Abstandes zwischen den reflektierenden Filmen des Fabry-Pérot'schen Interferometers gesteuert wird, beschrieben:

Es sei angenommen, daß Licht senkrecht auf die Oberfläche des Substrates gerichtet wird und daß in den reflektierenden Filmen kein optischer Phasensprung stattfindet. Damit Licht mit einer ausgewählten einzigen Wellenlänge im abzutastenden Wellenlängenbereich zwischen λ_1 und λ_2 übertragen wird, muß der Abstand t zwischen den reflektierenden Filmen innerhalb des folgenden Bereiches liegen: $\lambda_1/2n \leq t \leq \lambda_2/2n$, wie in obiger Gleichung (1) angegeben. Die Wellenlänge des übertragenen Lichtes ist $2nt$, wenn der Abstand zwischen den reflektierenden Filmen gleich t ist, wobei n der Brechungsindex des Mediums innerhalb des Interferometers ist. Wenn das Medium Luft ist, liegt n bei ca. 1. Wenn der abzutastende Wellenlängenbereich in der Größenordnung von beispielsweise 400 bis 750 nm liegt, so ist der Abstand t zwischen den reflektierenden Filmen zwischen 200 nm und 375 nm einzustellen.

Fig. 7(a) zeigt eine variable Interferometeranordnung, die wie folgt aufgebaut ist: reflektierende Metallfilme 4 aus Ag, Al, Au oder ähnlichem werden durch ein Dampfabscheiden auf den Substraten 1 und 2 aufgebracht. Die Substrate 1 und 2 werden so verbunden, daß sie mit einem Zwischenraum zwischen sich, der durch Abstandhalter 3 bestimmt ist, einander gegenüberliegen, und zwar so, daß auch die reflektierenden Filme 4 einander gegenüberliegen, womit man eine hohle Interferometeranordnung des Fabry-Pérot'schen Typs erhält. Die reflektierenden Metallfilme 4 dienen auch als Elektroden, die mit einer Energiequelle 50 verbunden werden. Wie oben erwähnt, ist die Interferometeranordnung so aufgebaut, daß die Elektroden, die auf den einander gegenüberliegenden Oberflächen des Substrates aufgebracht sind, einen Zwischenraum (d. h. einen Hohlräum) zwischen sich einschließen, wobei der Zwischenraum durch elektrostatische Kräfte zwischen den Elek-

troden verändert bzw. deformiert wird. Obwohl die reflektierenden Filme 4 in diesem Beispiel auch als Elektroden dienen, sind die reflektierenden Filme gleichwohl prinzipiell unabhängig von den Elektroden.

Nachfolgend wird ein Verfahren zur Abtastung der Wellenlänge von Licht beschrieben: wie in Fig. 7(b) gezeigt, ist das Glassubstrat 2 an seinen beiden Enden durch die Abstandhalter 3 abgestützt, während die Mitte des Substrates nicht von den Abstandhaltern gestützt ist, so daß das Substrat 2 durch Aufbringung einer Kraft auf die Mitte des Substrates 2 gebogen werden kann, womit der Abstand t zwischen den reflektierenden Filmen verändert werden kann. Es sei nun angenommen, daß dieser Abstand t_0 ist, wenn keine Kraft auf das Substrat 2 ausgeübt wird. t kann dann durch die Formel $t = t_0 - \alpha F$ ersetzt werden, wobei α der geänderte Wert von t pro Krafteinheit ist. In diesem Ausführungsbeispiel ist α gleich $1,6 \mu\text{m}/\text{Kp}$.

Der Abtastbereich der Lichtwellenlänge, den man diesem variablen Interferometer überstreichen kann, läßt sich — wie nachfolgend beschrieben — berechnen, wenn die oben erwähnte Kraft, die an das Substrat 2 angelegt wird, eine elektrostatische Kraft ist: angenommen, die Elektroden 4 existieren lediglich in dem engen Bereich des Substrates 1 und 2, der zwischen den Abstandhaltern 3 liegt; so kann der Abstand t zwischen den Elektroden über den gesamten Bereich dieser Elektroden 4 als gleich angesehen werden, was die nachfolgende Berechnung einfach macht. Die Anziehungskraft F wird durch die Gleichung (2) dargestellt, wenn der Elektrodenbereich gleich S und die angelegte Spannung gleich V ist:

$$F = \frac{1}{2} QE, \quad (2)$$

wobei

$$Q = CV \quad (Q \text{ ist die Menge der elektrischen Ladung}),$$

$$C = \epsilon S/d \quad (C \text{ ist die elektrostatische Kapazität}) \text{ und}$$

$$E = V/t \quad (E \text{ ist die elektrische Feldstärke}).$$

Da der Zwischenraum zwischen den Elektroden mit Luft gefüllt ist, kann die Dielektrizitätskonstante des Vakuums ϵ_0 als Dielektrizitätskonstante ϵ in der Formel (2) angesetzt werden und die Formel (2) kann dann durch die Formel (3) ersetzt werden:

$$F = \frac{1}{2} \epsilon_0 S (V/t)^2. \quad (3)$$

Wenn $S = 4 \text{ mm}^2$, $\alpha = 1,6 \mu\text{m}/\text{Kp}$, und t im Bereich zwischen 0,2475 m und 0,188 m liegt, so führt die Berechnung zu dem Diagramm der Fig. 8, die zeigt, daß ein Abtasten eines Wellenlängenbereiches zwischen 660 und 440 nm durchgeführt werden kann. Da in diesem Beispiel als reflektierende Filme 4 Metallfilme verwendet werden und da darüber hinaus optische Phasensprünge bei der Lichtreflektion an den reflektierenden Filmen 4 berücksichtigt wurden, genügt die spektrale Transmittanz der Interferometeranordnung nicht der Formel (1). Allerdings besteht zwischen dem Abstand t zwischen den Elektroden 4 und der Wellenlänge λ des übertragenen Lichtes eine lineare Beziehung. Fig. 8 zeigt auch, daß bei 27,9 V eine diskontinuierliche Änderung des Abstandes t auftritt. Dies liegt in dem Phänomen begründet, daß, wenn die Spannung größer als 27,9 V ist, der Abstand t kleiner wird, womit die elektrostatische Kraft F größer wird, was den Abstand t progressiv kleiner macht. Folglich soll die Betriebsspan-

nung nicht über 27,9 V liegen, wobei t dann von t_0 bis $2t_0/3$ verändert wird.

Nachfolgend werden Materialien beschrieben, die für die reflektierenden Filme nützlich sind:

Die Wellenlängenauflösung des reflektierenden Filmes hängt vom Reflektionsfaktor des reflektierenden Filmes ab. Die Auflösung liegt bei ca. 20 nm, wenn der Reflektionsfaktor des reflektierenden Filmes 90% ist, wobei dann die Wellenlänge des vom reflektierenden Film zu übertragenen Lichtes bei 550 nm liegt. Das Auflösungsvermögen kann also durch Vergrößerung des Reflektionsfaktors verbessert werden. Der Reflektionsfaktor kann in einem begrenzten Wellenlängenbereich auf 99% oder mehr eingestellt werden, wenn man einen mehrschichtigen dielektrischen Film nimmt. Um den Reflektionsfaktor in einem größeren Wellenlängenbereich auf einem festen Wert zu halten, empfiehlt es sich, einen reflektierenden Metallfilm zu nehmen und nicht einen mehrschichtigen dielektrischen reflektierenden Film.

Generell treten in reflektierenden Metallfilmen optische Verluste auf. Die optischen Verluste werden um so kleiner je größer der Reflektionsfaktor des reflektierenden Metallfilmes wird. Metalle mit hohem Reflektionsfaktor im sichtbaren Bereich (d. h. 400 bis 700 nm) sind Ag (Reflektionsfaktor 98%), Al (Reflektionsfaktor 92%), etc. Weiterhin sind Metalle, die einen hohen Reflektionsfaktor im nahen Infrarotbereich (d. h. 700 bis 1600 nm) oder im Infrarotbereich (d. h. unter 10 m) haben: Ag (Reflektionsfaktor 99%), Au (Reflektionsfaktor 98%) etc. Diese Metalle haben eine ausgezeichnete elektrische Leitfähigkeit, so daß auch sie als Elektroden eingesetzt werden können, an die die elektrische Spannung angelegt wird, um die elektrostatischen Anziehungskräfte zwischen ihnen zu erzeugen.

Wenn die variable Interferometeranordnung für einen engen Wellenlängenbereich angepaßt ist, beispielsweise 540 bis 560 nm, so kann ein mehrschichtiger dielektrischer Film aus TiO_2 , SiO_2 , ZnS , MgF_2 , etc. als reflektierender Film verwendet werden. Da der maximale Reflektionsfaktor dieses reflektierenden Filmes auf 99% oder mehr festgesetzt werden kann, kann man ein Spektrometer mit sehr hoher Auflösung der Wellenlänge erhalten. Der dielektrische reflektierende Film ist nicht leitfähig, so daß unabhängig hiervon Elektroden aufgebracht werden müssen.

Die variable Interferometeranordnung nach der Erfindung kann wahlweise verändert werden. Fig. 9(a) zeigt eine perspektivische Ansicht einer variablen Interferometeranordnung nach dem Ausführungsbeispiel der Fig. 7(b), die den Vorteil hat, daß sie vom Aufbau her sehr einfach ist und daher auch leicht hergestellt werden kann. Fig. 9(b) zeigt eine Modifikation, bei der ein anderer Abstandhalter verwendet wird. Dieser Abstandhalter ist dabei etwa ringförmig bzw. krapfenförmig. Fig. 9(c) zeigt eine weitere Modifikation, bei der lediglich ein Abstandhalter 3 an einem Ende des Substrates verwendet wird. Dieser Aufbau mit einem einzigen Abstandhalter ist für Niederspannungsanwendungen geeignet, da der Abstand t zwischen den reflektierenden Filmen in einem weiten Bereich veränderbar ist, wenn eine Spannung an die reflektierenden Filme angelegt wird.

Beispiel 6

Fig. 10 zeigt eine weitere variable Interferometeranordnung, bei der ein Photodetektor wie z. B. eine Si-

Photodiode 100 in die variable Interferometeranordnung so eingebaut ist, daß sie zusammen einen einzigen Körper bilden. Die Si-Photodiode 100 wird wie folgt hergestellt: Auf einem n-Substrat 102 wird eine p-Diffusionschicht 101 ausgebildet, wobei man eine SiO_2 -Schicht 104 als Maske verwendet; auf der Rückseite des Substrates 102 wird eine Bodenelektrode 103 aufgebracht. Mit der Bodenelektrode 103 bzw. der Diffusionschicht 104 werden eine kathodische Elektrode 105 und eine anodische Elektrode 106 verbunden, womit man die Si-Photodiode 100 erhält.

Auf der Si-Photodiode 100 wird mittels Dampfscheiden ein Ag-Film 11 aufgebracht, der sowohl als reflektierender Film als auch als Elektrode dient. So dann werden ein Glassubstrat 20 mit einem dünnen Ag-Film 21 und die Si-Photodiode 100 mit einem Abstand zwischen sich mittels Abstandhalter 30 so verbunden, daß der Ag-Film 21 dem Ag-Film 11 gegenüberliegt. Auf diese Weise werden ein Photodetektor und eine variable Interferometeranordnung zu einem einzigen Körper vereint, so daß sie als ein einziger Photodetektor bequem gehandhabt werden können, der eine Wellenlängenselektion ausführen kann. Als Photodetektor können ein Si-Phototransistor, eine a-Si-Solarzelle, eine Verbund-Halbleiter-Photodiode aus GaAs etc. verwendet werden. Wie oben beschrieben, enthält die variable Interferometeranordnung einen eingebauten Antriebsmechanismus, mit dem die Substrate innerhalb des Fabry-Pérot'schen Interferometers verformt werden können, womit man einen einfachen Aufbau erhält.

Beispiel 7

Fig. 11 zeigt eine weitere variable Interferometeranordnung, bei der das Interferometer durch lichtdurchlässige Substrate 1 und 2 hergestellt sind, die zwischen einer magnetischen Substanz 77, die mit einem Loch ausgestattet ist, durch das Licht hindurch gelangt, und einem Elektromagnet, der aus einem Magnetkern 55 und einer Spule 66 besteht, sandwichartig gehalten sind. Die magnetische Substanz 77, die vorzugsweise aus einer dünnen Schicht besteht, ist aus getempertem bzw. schmiedbarem Eisen, aus Permalloy etc., wobei Material mit hoher Permeabilität verwendet werden. Das Interferometer und der Elektromagnet sind an einem (nicht dargestellten) Halter befestigt. Wenn ein elektrischer Strom durch die Spule 66 fließt, so wird eine Kraft F , die durch die Formel (4) ausgedrückt ist, zwischen dem Magnetkern 55 und der magnetischen Substanz 77 entstehen:

$$F = N^2 I^2 / \mu_0 S Q^2, \quad (4)$$

wobei μ_0 die magnetische Permeabilität im Vakuum, N die Windungszahl der Spule, I der Strom, S die Fläche der Magnetpole und Q der magnetische Widerstand sind. Die Kraft F , die dem Quadrat des Stromes I proportional ist, zieht die magnetische Substanz 77 zu dem Magnetkern 55, wodurch das Interferometer gegen den Magnetkern 55 gedrückt wird, so daß die lichtdurchlässigen Substrate 1 und 2 verbogen werden, womit man eine Veränderung des Abstandes t zwischen den reflektierenden Film erhält.

Fig. 12 zeigt, daß sich der Abstand t zwischen den reflektierenden Filmen in Abhängigkeit vom Strom durch die Spule 66 verändert, so daß der Spitzenwert der Wellenlänge des übertragenen Lichtes in dem Interferometer abgetastet werden kann.

Fig. 13 zeigt eine weitere variable Interferometeranordnung, bei der eine magnetische Substanz 77, die mit einem Loch ausgestattet ist, durch das Licht hindurchtritt, an dem lichtdurchlässigen Substrat 1 befestigt ist. Ein Magnetkern 55 ist mit einem geringeren Abstand (0,1 mm oder weniger) gegenüber der magnetischen Substanz an der Interferometeranordnung befestigt. Die Spule 66 ist unter einem Winkel angeordnet, so daß es möglich ist, Licht auf das lichtdurchlässige Substrat 1 zu richten. Wenn ein Strom durch die Spule 66 fließt, so wird eine elektromagnetische Kraft in dem Magnetkern 55 entstehen und die magnetische Substanz 77 zu dem Magnetkern 55 hinziehen, so daß das lichtdurchlässige Substrat 1 verbogen wird. Auf diese Weise wird der Abstand t zwischen den reflektierenden Filmen vergrößert, wenn der Strom ansteigt.

Beispiel 9

Fig. 14 zeigt eine weitere variable Interferometeranordnung, bei der ein Ende einer magnetischen Substanz 88, die drehbar um ihr anderes Ende 80 angeordnet ist, in Berührung mit dem lichtdurchlässigen Substrat 1 steht. Eine Spule 66 ist so angeordnet, daß die magnetische Substanz 88 angezogen werden kann. Die magnetische Substanz 88 ist frei von der Spule 66, wenn kein Strom durch diese fließt. Wenn dagegen Strom durch die Spule 66 fließt, so wird die magnetische Substanz 88 zur Spule 66 hingezogen und drückt dabei auf das lichtdurchlässige Substrat 1. Es ist nicht unbedingt erforderlich, daß die magnetische Substanz 88 um ihr Ende 80 drehbar gelagert ist; allerdings ist es besser, daß die magnetische Substanz 88 so nahe wie möglich bei der Spule 66 liegt, so daß sich eine Anziehungskraft zwischen der Spule 66 und der magnetischen Substanz 88 ausbilden kann. Es ist auch möglich, daß die magnetische Substanz fest angeordnet ist. Wenn ein Permanentmagnet mit einem Elektromagnet in den obigen Beispielen gekoppelt ist, so erhält man ein wirksames Antriebssystem. Darüber hinaus kann — wie in Fig. 10 gezeigt — ein Photodetektor wie z. B. eine Si-Photodiode etc. in die variable Interferometeranordnung eingebaut sein, so daß ein einziger Körper entsteht.

Die magnetische Substanz 88 ist selbstverständlich so angeordnet, daß sie die Einstrahlung von Licht auf das lichtdurchlässige Substrat nicht verhindert. Alternativ hierzu kann die magnetische Substanz 88 auch mit einem Loch versehen sein, durch welches das Licht hindurchgelangt.

Die Interferometeranordnung ist so aufgebaut, daß die optische Weglänge des Fabry-Pérot'schen Interferometers, das als ein Körper aufgebaut ist, mittels eines Antriebssystems eingestellt werden kann, so daß eine Steuerung bzw. Einstellung mit hoher Präzision und Stabilität ausgeführt werden kann. Weiterhin werden keine komplizierten Bauteile bzw. Komponenten verwendet und die Einrichtungen, die mit dem Interferometer in Verbindung stehen, haben ein geringes Gewicht, so daß das Interferometer auch unter ungünstigen Umweltbedingungen wie z. B. Vibration und/oder Stößen und Impulsen ohne Beschädigungen stabil arbeitet. Folglich schafft die Erfindung eine miniaturisierte variable Interferometeranordnung mit einer spektroskopischen Funktion.

Wie oben erwähnt, besteht das Fabry-Pérot'sche Interferometer, das mechanisch hoch präzise aufgebaut ist und dessen Hauptkomponente eine variable Interferometeranordnung ist, im wesentlichen aus einem Paar

von Substraten, die einander gegenüberliegen und zwar im Abstand zueinander, der durch Abstandhalter gebildet wird, wobei diese Teile in einer Dünnschichttechnik hergestellt sind, so daß die Produzierbarkeit der variablen Interferometeranordnung verbessert wird und die interferometrischen Eigenschaften bzw. Charakteristiken der variablen Interferometeranordnung in sehr einfacher Weise eingestellt werden können. Grundsätzlich wird die Einstellung bzw. Veränderung der interferometrischen Eigenschaften dadurch bewirkt, daß die bei dem Interferometer verwendeten Substrate verformt werden und zwar unter Anwendung eines externen elektrischen Signales, womit man eine ausgezeichnete Einstell- bzw. Steuergenauigkeit, Stabilität und Reproduzierbarkeit erhält. Man kann bei Anwendung dieser variablen Interferometeranordnung ein miniaturisiertes Spektrometer erhalten, das keine mechanischen Antriebsteile enthält. Weiterhin kann man mit der Erfindung optische Sensoren schaffen, bei denen die interferometrischen Eigenschaften eines Fabry-Pérot'schen Interferometers aufgrund einer externen physikalischen Größe so geändert werden, daß sie ein optisches Signal modulieren, wobei das modulierte Signallicht in zwei Lichtstrahlen aufgeteilt wird, die dann zu zwei verschiedenen Interferometern geleitet werden, womit man die physikalische Größe in einem großen Dynamikbereich des zu messenden Objektes erfassen kann.

Es sei darauf hingewiesen, daß verschiedene Modifikationen von einem Fachmann durchgeführt werden können, ohne daß der Schutzmfang und das Wesen der Erfindung verlassen werden. Entsprechend sei darauf hingewiesen, daß der Schutzmfang der Patentansprüche nicht durch die obige Beschreibung eingeschränkt wird und daß die Patentansprüche alle patentfähigen Merkmale der vorliegenden Erfindung enthalten, einschließlich all diejenigen Merkmale, die vom Fachmann des vorliegenden Gebietes als Äquivalente angesehen werden.

Patentansprüche

1. Variable Interferometeranordnung in Form eines Fabry-Pérot-Interferometers, das aus einem Paar von reflektierenden Substanzen (1; 4; 2; 4) besteht, die einander mit einem durch wenigstens einen Abstandhalter (3) gebildeten Zwischenraum gegenüberliegen und mit einer Einrichtung (4, 9, 10; 66, 68; 66, 77), mittels der wenigstens eine der beiden reflektierenden Substanzen (1; 4; 2; 4) verformbar ist wodurch die interferometrischen Charakteristiken des Fabry-Pérot'schen Interferometers verändert werden, mit den Merkmalen, daß der Abstandhalter (3) nur einen Teil der Flächen der reflektierenden Substanzen (1, 2), die den gebildeten Zwischenraum begrenzen, bedeckt, und daß die Verformung in Form einer Verbiegung erfolgt, und davon die ganze reflektierende Substanz und nicht nur ein Teilbereich betroffen ist.

2. Variable Interferometeranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandhalter (3) aus einem Film bestehen, der mittels Dampfabscheiden, Aufsprühen, chemischem Dampfabscheiden, Schleuderbeschichten oder Siebdrucken hergestellt ist.

3. Variable Interferometeranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine der reflektierenden Substanzen durch ein Substrat ersetzt ist, auf dem ein Photodetektor (100) ausge-

bildet ist, was zu einer monolithischen Struktur eines Fabry-Pérot'schen Interferometers und eines Photodetektors in einem einzigen Körper führt.

4. Variable Interferometeranordnung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine klebende Schicht (5) aus Glas, das einen Schmelzpunkt hat, der niedriger ist als der der reflektierenden Substanzen (4) und des Abstandshalters (3), zwischen jedem Abstandshalter (3) und zu mindest einer der reflektierenden Substanzen angeordnet ist. 5

5. Variable Interferometeranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zwischen dem Paar reflektierender Substanzen (1, 4; 2, 4) eine elektrostatische Kraft erzeugt, wodurch sie mindestens eine der reflektierenden Substanzen verformt. 15

6. Variable Interferometeranordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Substanz aus einem Substrat (1, 10) und einem auf diesem Substrat (1, 10) gebildeten, dünnen Elektrodenfilm (9) besteht, wobei mindestens eine der reflektierenden Substanzen durch eine elektrostatische Kraft verformt wird, die durch Anlegen einer Spannung an diese Elektroden (9) erzeugt wird, was eine Volumenveränderung des Zwischenraumes bewirkt, wodurch eine Einstellung der interferometrischen Charakteristika des Fabry-Pérot'schen Interferometers erreicht wird. 20

7. Variable Interferometeranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung in der Nähe des Paares von reflektierenden Substanzen ein Magnetfeld erzeugt und dadurch mindestens eine der reflektierenden Substanzen verformt. 30

8. Variable Interferometeranordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Erzeugung eines Magnetfeldes aus einer Magnetspule (66) zur Erzeugung einer magnetischen Kraft und einem Steuerschaltkreis zur Steuerung eines Stroms, der durch die Spule fließt oder einer Spannung, die an die Spule angelegt wird, besteht, wodurch mindestens eine der reflektierenden Substanzen durch eine elektromagnetische Kraft verformt wird, die durch Anlegen eines Stromes oder einer Spannung an die Spule erzeugt wird, was eine Volumenänderung des Zwischenraums bewirkt, wodurch die interferometrischen Charakteristika des Fabry-Pérot'schen Interferometers gesteuert werden. 40

9. Variable Interferometeranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste der beiden reflektierenden Substanzen (10) in ihrer Oberfläche einen Hohlraum aufweist und mit der zweiten reflektierenden Substanz (1) so verbunden ist, daß durch den Hohlraum zwischen den beiden Substanzen ein Zwischenraum entsteht, und die den Hohlraum umgebenden, äußeren Bereiche der zweiten reflektierenden Substanz als Abstandshalter wirken. 50

10. Verfahren zur Herstellung einer variablen Interferometeranordnung nach Anspruch 4, mit folgenden Schritten:

Ausbilden von einem oder mehreren Abstandshaltern auf zumindest einem von einem Paar von reflektierenden Substanzen, die ein Fabry-Pérot'sches Interferometer bilden; 60

Ausbilden eines Glasfilms auf jedem der Abstands-

halter, wobei der Glasfilm einen Schmelzpunkt hat, der niedriger ist als die der reflektierenden Substanzen und der Abstandshalter;

Verbinden der reflektierenden Substanzen derart, daß die Glasfilme in Kontakt mit der anderen reflektierenden Substanz sind;

Erwärmen und Zusammendrücken des Paares von reflektierenden Substanzen, um sie mit einem Zwischenraum zwischen ihnen, der durch die Abstandshalter gebildet wird, zu verbinden;

Anordnen einer Einrichtung, zum Verformen von mindestens einer der reflektierenden Substanzen.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Glasfilm zumindest SiO_2 und PbO enthält und einen Erweichungspunkt von 350°C bis 480°C hat, wobei der Glasfilm durch eine Aufsprühmethode oder durch eine Dampfabscheidmethode aufgebracht wird.

12. Verfahren zur Herstellung einer variablen Interferometeranordnung nach Anspruch 1 mit folgenden Schritten:

Ausbilden eines Elektrodenfilms auf der Oberfläche einer ersten reflektierenden Substanz;

Ausbilden eines leitenden oder halbleitenden Films auf der Oberfläche einer zweiten reflektierenden Substanz;

Überlagern der ersten reflektierenden Substanz und der zweiten reflektierenden Substanz derart, daß durch die leitenden oder halbleitenden Filme zwischen der ersten reflektierenden Substanz und der zweiten reflektierenden Substanz ein Abstand gebildet wird;

Erwärmen der ersten und zweiten reflektierenden Substanz auf eine Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes der reflektierenden Substanzen und Anlegen einer Gleichspannung zwischen dem Elektrodenfilm der ersten reflektierenden Substanz und den Leiter- oder Halbleiter-Filmen der zweiten reflektierenden Substanz, wodurch die ersten und zweiten reflektierenden Substanzen mit einem Zwischenraum zwischen ihnen miteinander verbunden werden, womit ein Fabry-Pérot'sches Interferometer entsteht; und

Anordnen einer Einrichtung zum Verformen von mindestens einer der reflektierenden Substanzen.

13. Verfahren zur Herstellung einer variablen Interferometeranordnung nach Anspruch 1 mit folgenden Schritten:

Ausbilden eines Elektrodenfilms auf der Oberfläche einer ersten reflektierenden Substanz;

Ausbilden eines oder mehrerer Abstandshalter auf der Oberfläche einer zweiten reflektierenden Substanz;

Ausbilden eines leitenden oder halbleitenden Films auf jedem der Abstandshalter;

Überlagern der ersten reflektierenden Substanz und der zweiten reflektierenden Substanz derart, daß durch die Abstandshalter zwischen der ersten reflektierenden Substanz und der zweiten reflektierenden Substanz ein Abstand gebildet wird;

Erwärmen der ersten und zweiten reflektierenden Substanzen auf eine Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes der reflektierenden Substanzen und Anlegen einer Gleichspannung zwischen dem Elektrodenfilm und dem Leiter- oder Halbleiter-Film, wodurch die ersten und zweiten reflektierenden Substanzen mit einem Zwischenraum zwischen ihnen miteinander verbunden werden, wobei ein

Fabry-Pérot'sches Interferometer entsteht; und
Anordnen einer Einrichtung zum Verformen von
mindestens einer der reflektierenden Substanzen.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

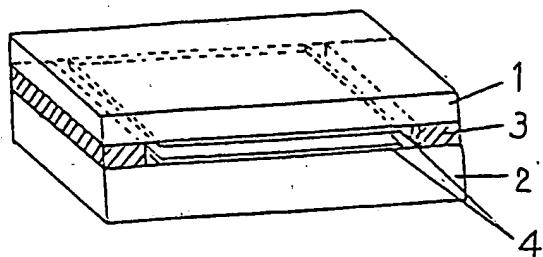


FIG. 1

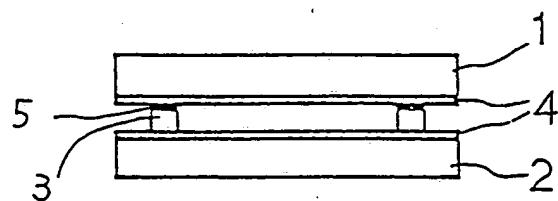


FIG. 2

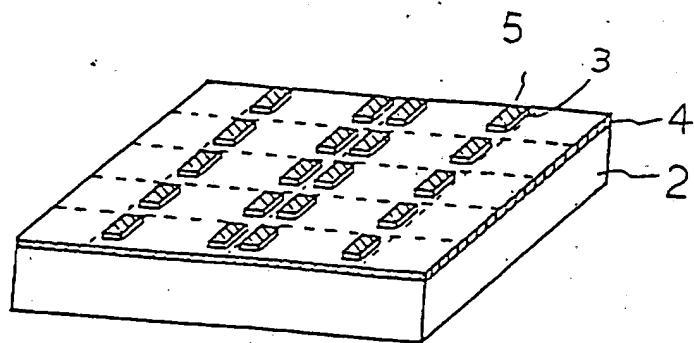


FIG. 3

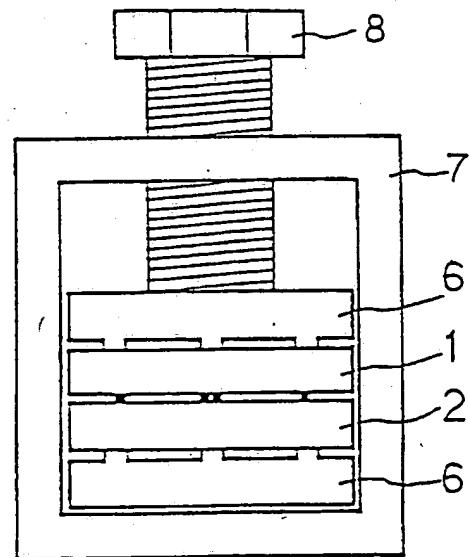


FIG. 4

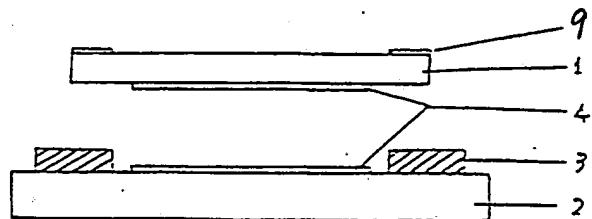


FIG. 5(a)

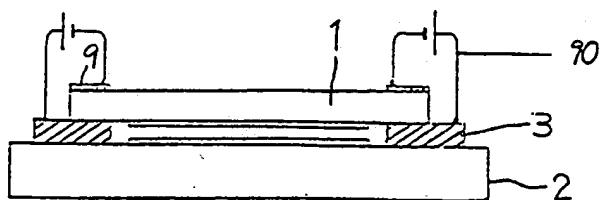


FIG. 5(b)

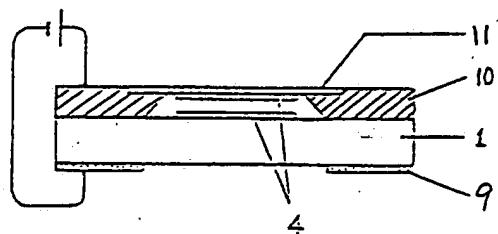


FIG. 6

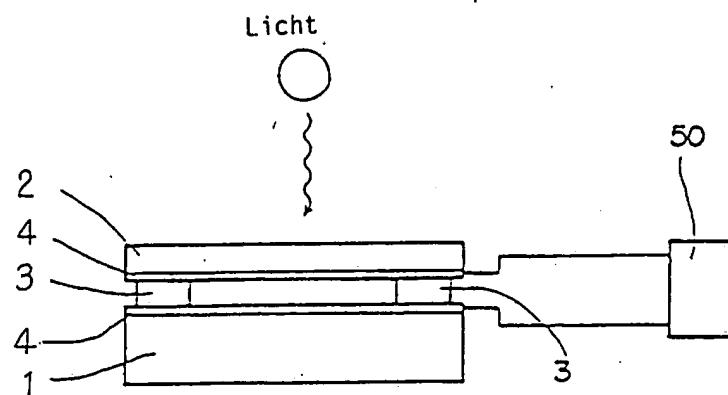
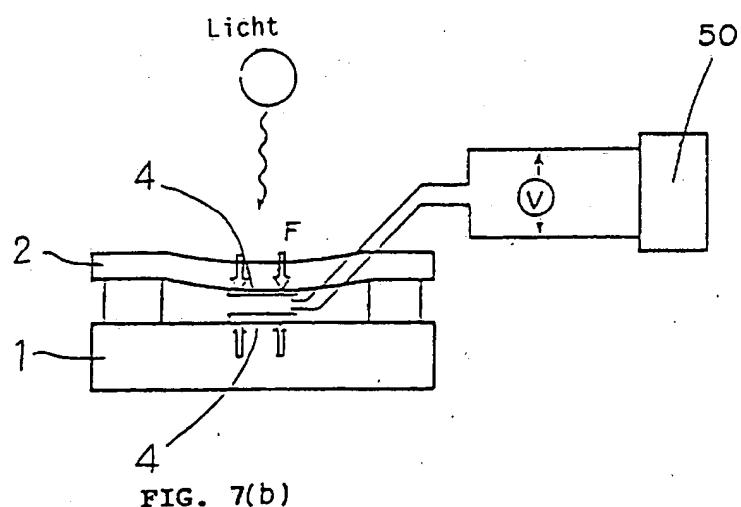


FIG. 7(a)



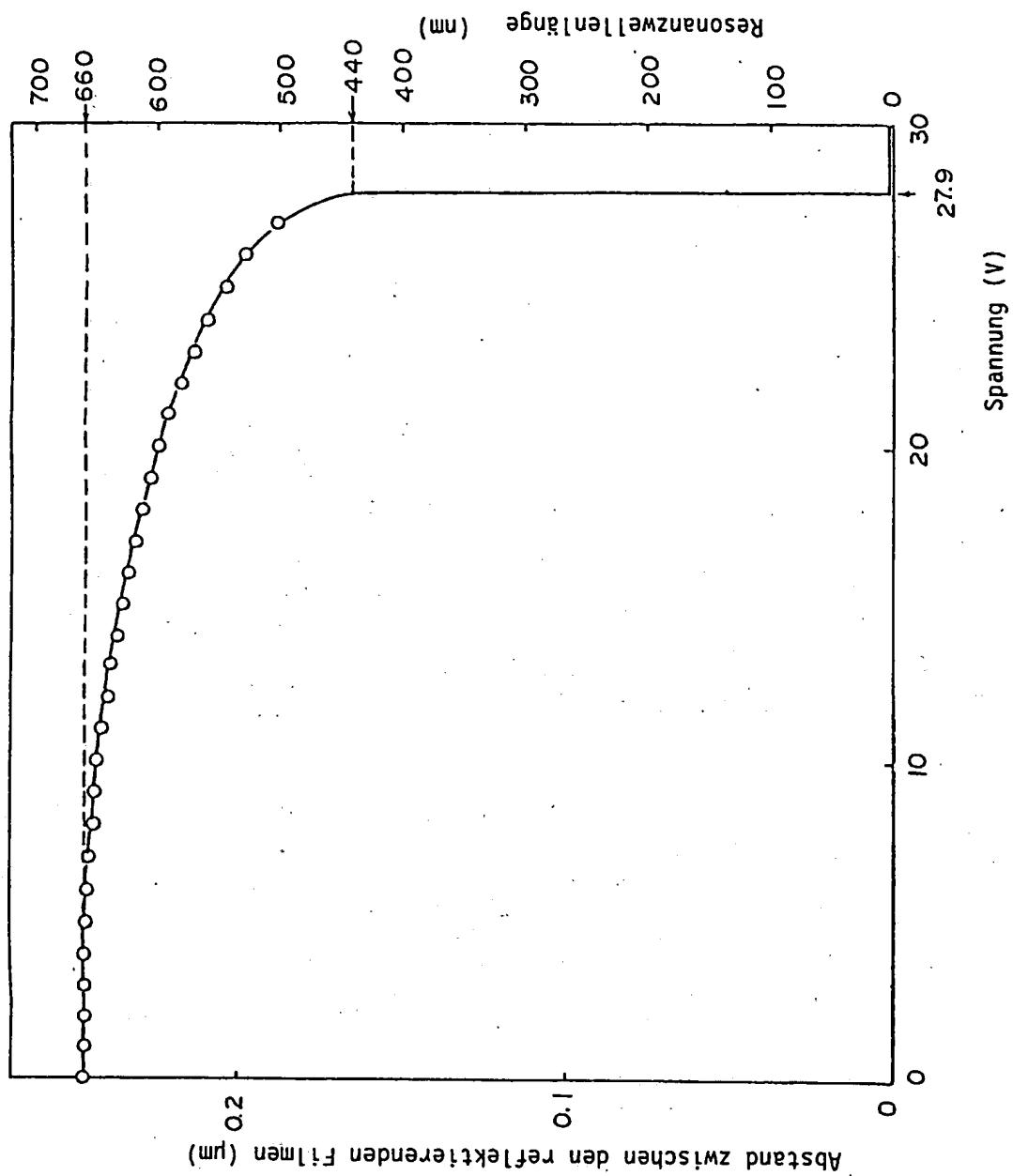


FIG. 8

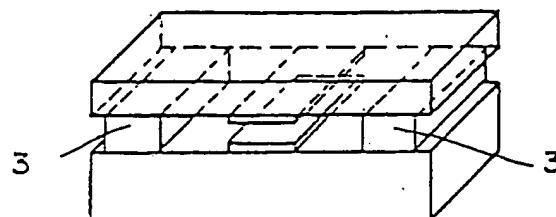


FIG. 9 (a)

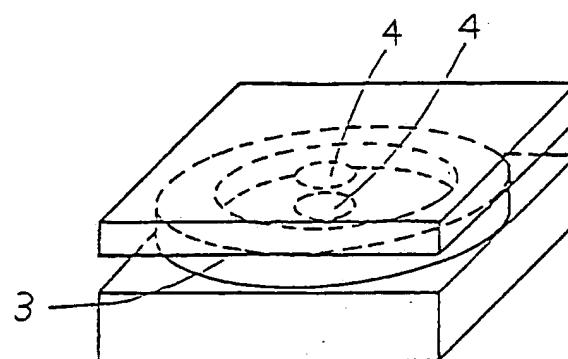


FIG. 9 (b)

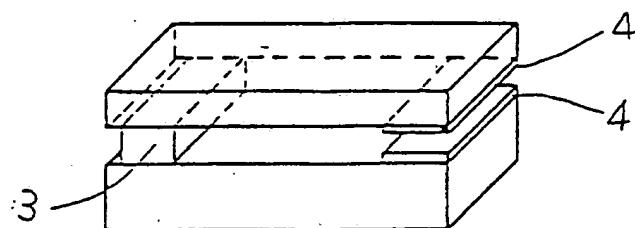


FIG. 9 (c)

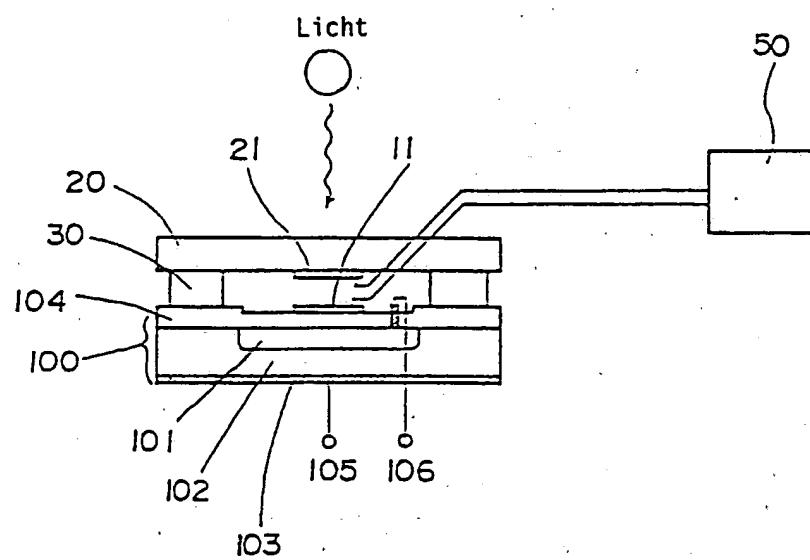


FIG. 10

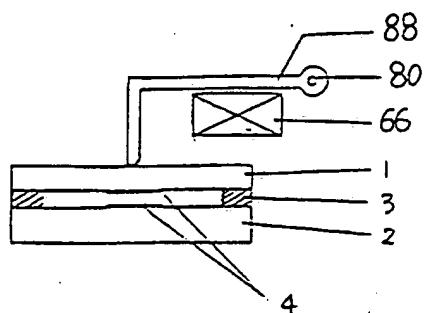


FIG. 14

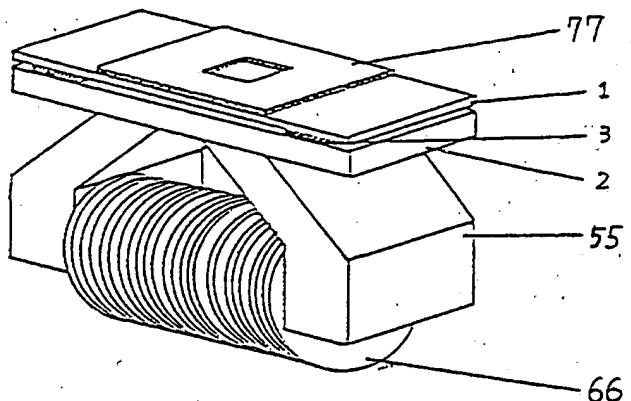


FIG. 11

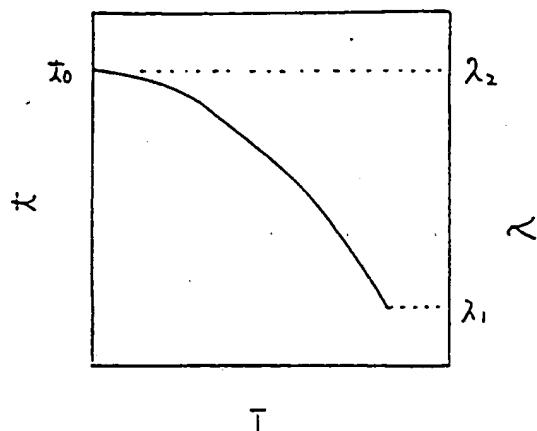


FIG. 12

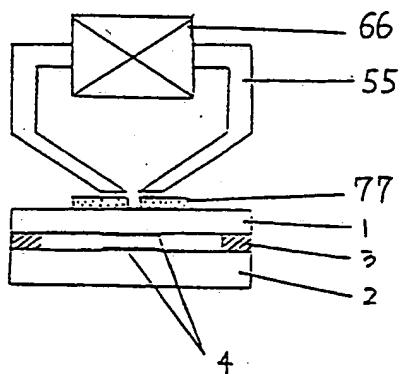
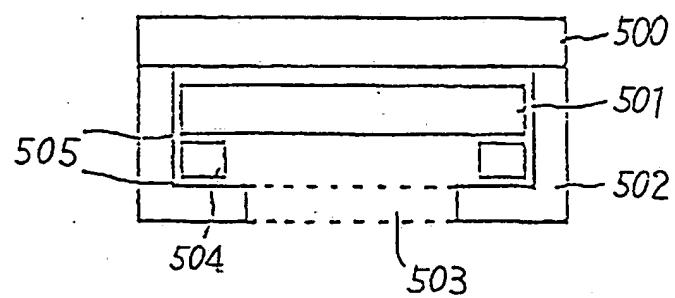


FIG. 13



15
FIG. 20